

القطيعة الإبيستيمولوجية وإعادة البناء الإبيستيمولوجي في الفيزياء

محمد الجوة

تمهيد :

كان لتقدم البحوث العلمية في مختلف الميادين واتخاذ العلم ركيزة أساسية في المجتمعات المعاصرة أثر حاسم في توجيه كثير من المذاهب الفلسفية وجهة إبيستيمولوجية واضحة . غير أن الدراسات المتعلقة بالمعرفة العلمية متباينة الاتجاهات لأن مفهوم الإبيستيمولوجيا مختلف من مدرسة الى أخرى وتكفي الإشارة إلى اختلاف الإبيستيمولوجيين الفرنسيين عن الإبيستيمولوجيين الانكلوساكسونيين على سبيل المثال . لكن يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من الإبيستيمولوجيات : ما فوق العلمية⁽¹⁾ التي اتخذت من الميتافيزيقا مقياسا لتقييم المعرفة العلمية فصنفت المعارف على أساس أن المعرفة الفلسفية هي أسمى المعارف وقد مثل افلاطون مثل هذا الاتجاه . أما النوع الثاني فهو شبه العلمي⁽²⁾ الذي نحا منحى بعيدا عن العلم باعتبار تعارض الطريقة العلمية مع المنهج الفلسفي ويعتبر برغسون ممثلا لهذا الموقف . وأخيرا توجد إبيستيمولوجيا علمية حاولت تجنب مزالق المواقف السابقة وأرادت المحافظة على خصوصية المعارف العلمية بعدم اقحام ما هو علمي في نطاق المغامرة العامة للفكر البشري أو جعل الانسان عبدا للعلوم . وقد مثل هذا الاتجاه الأخير بعض العلماء مثل باشلار أو رسل أو بياجى . وكانت من نتائج الإبيستيمولوجيا العلمية نظرة جديدة لنوعية العلاقة بين الفلسفة والعلم وتاريخ العلم وقد ارتكزت هذه النظرة على مفاهيم أصبحت متداولة . أما علاقة العلم بالفلسفة فقد وقع تحديدها بنقد التصورات التقليدية وأهمها انتصاب الفلاسفة قضاة يصدرون أحكامهم على المعرفة العلمية ، مستعملين في ذلك أسلوبا مثاليا ومقالا نظريا لا يؤكد على خصوصية العلوم فيكون بذلك أقرب الى الإيديولوجيا والوصاية العقائدية منه الى العلم . فإذا فُهمت علاقة الفلاسفة بالعلم على أنها ضرورة مزدوجة لاستخلاص فلسفة العلم واعتماد الفلسفة على المعطيات العلمية كان من الضروري إعادة النظر في المسار التاريخي للمعارف العلمية . كان الموقف السائد عند بعض المفكرين هو

(1) Méta-Scientifique
(2) Para-Scientifique

الاعتقاد بوجود اتصال بين المعارف ، على أساس أن كل مرحلة تاريخية تمهّد للمرحلة الموالية كما لو كانت النظريات العلمية مجموعة مترابطة أو حلقات متتالية ومتماسكة لا انفصام بينها : غير أن باشلار يعارض مثل هذه النظرة باعتبار أنها لا تعكس حقيقة التطور العلمي ، لأن هذا الأخير يتم وفق إعادة ترتيب وتركيب للمعرفة . يعكس تاريخ العلوم مسارا انفصاليا وليس اتصاليا ، والآ لم يعد هناك معنى للحديث عن ثورات علمية . إذا لتقييم العلم يقع الانطلاق من حاضره الذي يحكم على ماضيه . فما كان صالحا في ذلك الماضي يقع الاحتفاظ به على أنه جزء منه ، وما أصبح غير مجد فيرفض ويقع ادراجه ضمن التصورات غير العلمية أي الايديولوجية والفلسفية . وبهذا المنطلق تقوم نشأة علم من العلوم على رفض الأفكار والنظريات التي مثلت حاجزا أمام تكوّن الفكر العلمي أي أنه من الضروري أن يقوم العلم على قطيعة ابيستيمولوجية هي بمثابة شهادة ميلاده .

- القطيعة الابيستيمولوجية في الفيزياء : من فيزياء ارسطو الى فيزياء غاليلاي ونيوتن :

من المؤكد تاريخيا أن العلوم لم تظهر في التاريخ البشري الا في فترة متأخرة ، ما عدا العلوم الرياضية التي تكوّنت كمعرفة عقلية علمية في بلاد اليونان حوالي القرن الثالث قبل الميلاد خصوصا على يد اقليد ، بعد أن مهدت لها الحضارات القديمة كحضارة مصر القديمة ، أما الفيزياء الحديثة فقد نشأت في رفضها للنظريات والصور التي سيطرت على الفكر الغربي الى حدّ القرن السابع عشر . فكيف انتقلت الفيزياء من مجال الفلسفة الى ميدان المعرفة العلمية وما هي القطيعة الابيستيمولوجية التي مرت بها ؟ أكد أنصار باشلار على أن العلم لا ينشأ من الصّفر بل يكون مسبوقا بتصورات ونظريات تحاول استيعاب الواقع وتفسيره . وفي القديم أخذت الفلسفة على عاتقها مهمة أساسية هي المعرفة . غير أن الطابع الشمولي والموسوعي للبحث الفلسفي ساهم في عدم التمييز بين الفلسفة والعلم فكان بذلك « علم الطبيعة » جزءا من الفلسفة . وبالرغم من تواجد نظريات فلسفية متباعدة كنظرية الذّرين ونظرية افلاطون ، فقد كانت نظرية المعلم الأول أرسطو هي السائدة في الفكر الغربي طوال قرون عديدة ، إذ لم تكن الفلسفة المدرسية (السكولاستيك) في القرون الوسطى الا شرحا وتعليقا على فلسفة أرسطو . فما هو علم الطبيعة حسب هذا الفيلسوف وما هي أهم ركائزه ومميزاته ولماذا لم تنشأ الفيزياء الحديثة الا عندما أعلنت بطلان نظرية زعيم المشائين ؟

ان العلم بالمعنى الأرسطي هو معرفة المبادئ والعلل . غير أن أرسطو يخالف بعض الفلاسفة السابقين الذين اعتمدوا على مبدأ واحد كالفلاسفة الطبيعيين مثلا . ان الموجودات الطبيعية متعددة العلل والأسباب ، حيث يفترض كل موجود عللا مادية وصورية وفاعلة وغائية . إذا هناك علل أربع . لكن يمكن ارجاع الثلاث الأخيرة وهي الصورية والفاعلة والغائية الى سبب واحد هو الصورة . أما السبب الآخر فهو المادة وهكذا يحتاج تفسير الموجودات الطبيعية الى مبدئين وعلتين ذاتيتين ضروريتين للشيء وهما المادة والصورة . المادة قوة صرفة ولا تُعَيَّن إذ يمكن أن تكون نفس المادة لموجودات مختلفة ، وسبب هذا الاختلاف ليس المادة بل الصورة . ان هذه الأخيرة حسب أرسطو هي « كمال أول أو فعل أول للهوى من حيث أنها قوة صرفة ، أي انها ما يعطي الهوى الوجود بالفعل في ماهية معينة » . وفي المقابل تكون الهوى أو المادة الأولى بمثابة « جوهر في الجسم قابل لما يعرض لذلك الجسم من الاتصال والانفصال » .

يبدو أن نظرية أرسطو في الموجودات الطبيعية مستوحاة من اعتبار الموجودات المصنوعة ، ذلك أن تصور الطبيعة قائم على ما يوجد في الفن ، فيُفسّر أرسطو الظواهر الطبيعية على غرار ما تُفسّر به الظواهر الفنية . هكذا تكون النظرية الأرسطية ذات طابع « اصطناعي »⁽³⁾ ، فالصانع يعطى للمادة صورة معينة وهي مبدأ الأفعال التي يحول المادة بواسطتها . أما الطبيعة فتوجد أشكالاً شبيهة بما يحدثه الفن رغم أن الفن محاكاة للطبيعة . غير أن هناك فرقاً واضحاً بين الاثنين : للموجود الطبيعي في ذاته مبدأ الحركة والسكون ولهذا يُعرّف أرسطو الطبيعة بأنها مبدأ حركة الشيء وسكونه القائم فيه أولاً وبالذات لا بالعرض . أما علة الكائن « غير الطبيعي » فهي خارجة عن ذاته . وبالرغم من وجود هذا الفرق فإن نقطة انطلاق أرسطو هي الفن الانساني الذي يساعد على فهم التنظيم الطبيعي وهذا ما يؤكد الصيغة « الاصطناعية » لنظريته الطبيعية .

أما الخاصية الثانية فهي مرتبطة بالأولى ومتمثلة في النظرة الغائية للأشياء ، ذلك أنه مثلاً يسعى الفنان الى تحقيق غاية وبما أن الطبيعة هي مبدأ علة السكون والحركة بالنسبة للموجود الطبيعي وفعلها كفعل الفنان فإن الطبيعة تسعى دوماً لتحقيق غاية ولا تقوم بأي شيء دون جدوى ، فهي تحاول دائماً تحقيق ما هو أفضل لأن ميدان الطبيعة ليس ما يحدث في كل الحالات بل ما يكون في أغلبها . هكذا يحل أرسطو المسألة الطبيعية باخضاع المادة للعقل والآلية للغائية منتقداً موقف الفلاسفة الآلئين الذين أنكروا دور الغائية في الطبيعة واكتفوا بمجرد تفسير الكون على أنه آلة كبيرة تقودها قوانين الحركة .

يشير تصور عمل الطبيعة على غرار العمل الانساني الى الطابع « الانثروبومورفي »⁽⁴⁾ لعلم الطبيعة عند أرسطو . ان مفاهيم القوة والفعل⁽⁵⁾ المرتبطة بموضوع هذا العلم الذي هو الوجود المتحرك حركة محسوسة بالفعل أو بالقوة وكذلك تعريف الحركة على أنها فعل ما هو بالقوة تدلّ بوضوح على أنه وقع اعتبار الفعل الطبيعي على أساس الفعل الارادي . ان ظواهر الطبيعة هي على نموذج الأفعال والعواطف الانسانية ، فمثلاً ينطلق الانسان من نوايا ورغبات لينفذ ما استقر عليه رأيه تنتقل الأشياء الى الفعل وتحقق ذاتها ، ممّا جعل نظرية أرسطو في الطبيعة قائمة على نظرية نفسية انسانية ، بالإضافة الى هذه الخاصيات تتضمن هذه النظرة تصنيفاً شكولياً للكائنات ولعلّ أساس هذا التصنيف هو اعتماد أرسطو على علم الحياة الذي قام على التمييز بين النبات والحيوان والانسان ، كذلك تضمّنت الكوسمولوجيا الأرسطية تفريقاً تفاضلياً بين العالم العلوي - ما فوق القمر - الذي يتحرك حركة دائرية متواصلة تكون القوانين فيه صارمة ، وعالم ما تحت القمر - عالم الكون والفساد - الذي ليس الا تقليداً غير كامل للنظام العلوي ولا تكون القوانين فيه بمثل دقة قوانين العالم الأول . وهكذا فالعلم الأرسطي معتمد على مفهوم الجواهر ، لأن الكون مكوّن من جواهر متميزة بصفات محددة . ان الاجسام اما أن تكون خفيفة أو ثقيلة ، باردة أو حارة . وليست هذه الخصائص نسبية أي مرتبطة بموقعنا في الأرض بل هي الأمكنة الطبيعية للأجسام . تهدف كل حركة الى ابعاد جسم من الأجسام عن مكانة الطبيعي الى احداث وضع طبيعي فهي بالتالي حركة عنيفة . لكن من الضروري أن يكون لكل حركة محرك هو علتها عندما نبحث عن علة كل حركة نصل الى ارتداد لا نهاية له ولكي نتجاوز مثل هذا الوضع لابد من وجود محرك أول لا يتحرك . بهذه الصورة يكون علم الطبيعة عند أرسطو مشدوداً الى الميتافيزيقا . إذا أردنا استخلاص أهم مميزات علم الطبيعة الأرسطي وجب التأكيد على أن المفهوم

(3) Artificialiste

(4) Anthropomorphique

(5) Puissance. Acte.

الهام الذي قام هذا العلم عليه هو مفهوم الحركة لأن ظاهرة الحركة أساسية في الطبيعة . ويعرّف أرسطو الحركة على أنها مسار يؤثر في الأجسام ، أمّا السكون فهو حالة للموجود الطبيعي . وسبب حركة الأجسام هي الطبيعة باعتبارها مبدأ للحركة . ثم ان هناك أماكن عالية وأخرى سفلى ونقطة وصول هي مركز العالم (الأرض) . تتصف الأجسام بأن بعضها ثقيل والآخر خفيف وكلما كانت ثقيلة كان سقوطها أكثر سرعة . غير أن أرسطو لم يستخلص قوانين كمية معتمدة على معادلات رياضية لأن نموذج العلم الذي أخذ به ليست الرياضيات بل علم الحياة . أمّا على المستوى الفلكي فيعتقد أرسطو أن الخلاء (1) غير موجود وأن الأرض ثابتة والكون مغلق (2) . ومن الناحية الابيستيمولوجية يكون العلم معرفة بالعلل وتصنيفا للموجودات لا علاقة له بالتجريد الرياضي .

من المعروف حاليا أن النظرية الأرسطية خاطئة وقد وقع تجاوزها بصفة لا رجوع فيها . لكن هذه النظرية منشأة بدرجة عالية رغم أنها لم تعتمد الدراسة الرياضية، فليست هي بمجرد امتداد للمعرفة العامة ولا هي خيال طفولي، إنها في الحقيقة نظرية تنطلق من الفكر العامي لتخضعه لبناء فكري دقيق وصارم . لكن وضع تقدم المعرفة العلمية هذا لسيطرة نظرية أرسطو ، خصوصا بظهور نظرية غاليلاي (1564 - 1642) الذي كان مناصرا لنظرية كوبرنيك (1473 - 1594) ومناهضا لفلسفة أرسطو ؛ ممّا مكنه من انشاء علم جديد للحركة والكون . فعلى مستوى النظرية الفلكية مكنت الاكتشافات التي حدثت في العصور الحديثة من وضع حدّ لنظرية قديمة هي نظرية بطليموس التي تلتقي مع نظرية أرسطو والقائمة على القول بأن الكون متناه ومغلق ، بينما أكدت النظرية الجديدة على أن الكون لا متناه وأن الأرض ما هي إلا جرم ضمن أجرام النظام الشمسي . كما أن القطعية الانطولوجية الموجودة في نظرية أرسطو بين عالم ما فوق القمر وعالم ما تحت القمر فقدت هي بدورها قيمتها ، فالطبيعة لها نظام محدد وقوانين ثابتة بمقدور العالم اكتشافها . إذن لنشأة الفيزياء الحديثة كان من الضروري تقديم تصور جديد للكون وقد ساهم غاليلاي بقسط كبير في ذلك عندما اعتبر الكون مكتوبا بحدود رياضية وكان بالامكان لأول مرة وجود فيزياء رياضية . ثم وجب فهم الحركة على أنها ذات صبغة كمية وليست كيفية ، ان الحركة هي حالة للمادة ، أما المكان فلم يعد ينظر اليه كخلاف غير متحرك للأجسام بل وقع تحديده على أنه خلاء عظيم تكون فيه الحركات نسبية ، مترابطة بعضها ببعض . ومن ناحية أخرى اعتبرت السرعة - التي لم يستطع أرسطو تحديدها كميا - فأصبحت تعرف بأنها علاقة بين كميتين . هكذا حصل تنظيم مفهومي كبير أصبحت تتخذ التجارب دلالاتها منه فاستعمل غاليلاي التجربة للوصول الى تحديد قانون سقوط الأجسام ، مما نتج عنه تباين بين نظريته الفيزيائية والنزعة التجريدية النظرية عند أرسطو أو حتى النزعة الهندسية المجردة عند ديكار ، الذي أراد أن يقدم قوانين الطبيعة بطريقة استنتاجية ، غير تجريبية . لقد مثلت نظرية غاليلاي تحولا ثقافيا هاما في تاريخ الفكر البشري ، ذلك أن عالم هذه النظرية الفيزيائية مجرد وقابل للصياغة الرياضية فهو بالتالي في قطيعة مع ما يعرض للإدراك الحسي ، ثم ان المعرفة لم تعد تأملا للحقيقة بل أصبحت مرتبطة بتطبيق منهج تجريبي دقيق . لم يعد العالم مجرد مثقف كونه الكتب وأكسبته سلطة عظيمة ، بل هو رياضي وملاحظ في نفس الوقت . أمّا التنظيمات الاجتماعية الضرورية لإنشاء المعرفة وتطورها فقد تركزت بقوة منذ القرن السابع عشر فتكونت الجمعيات والأكاديميات كما قدّمت التقنية مجموعة من الأدوات الجديدة ، إذ لا ننسى أن ما اصطلح على تسميته بالثورة العلمية في القرن السابع عشر مرتبط الى حدّ كبير بتقدم التقنية انطلاقا من القرن

السادس عشر . ولا يمكن اعتبار ظهور النظرية الجديدة في علم الفلك معزولة عن توفر المرصاد الفلكي الذي ساهم في تغيير نظرة المحدثين الى الكون .

ان علاقة غاليلاي بأرسطو ليست امتدادا واتصالا بينهما بل هي انفصال وقطيعة ، ذلك أن غاليلاي تجاوز علم الطبيعة الأرسطي بتفسير ذى طابع كمي ورياضي مهد له أرخميدس . لم تعد الخفة أو الثقل عللا تحدث معلولات معينة بل بالعكس وقع تعريفهما انطلاقا من نتائجهما : ان الخفة هي ما يجعل الجسم يعلو ، بينما الثقل ما يجعله يسقط ، غير أن الجسم « الثقيل » الذي يُترك على كفة ميزان يعلو عندما تنزل الكفة الثانية . وكذلك تسقط قطعة الخشب حينما يقذف بها في الهواء لكنها تطفو على سطح الماء . اذا خلافا لما قال به أرسطو ليس « الثقيل » و « الخفيف » كصفات مطلقة وانما هي خصائص نسبية أو بصفة أدق مجرد علاقات . أما القوة التي يسقط بها الجسم أو يعلو وكذلك سرعته فيقع حسابها بالفرق بين وزنه الخاص ووزن حجم مساو للمحيط الذي يوجد فيه . هذا ما يفسر أن لكل جسم وزنا مطلقا ، محددا بكمية المادة التي يتضمنها في وحدة من الحجم ، ومن هنا تتضح فكرة القدماء بأن لكل جسم وزنا وليس هناك - في حقيقة الأمر - جسم خفيف ، خلافا لما ذهب اليه أرسطو .

ملخص القول أن العلم لا ينشأ من العدم بل يكون في غالب الأحيان مسبوqa بنظريات ايدولوجية وأنساق فكرية ونظريات في الكون وفلسفات تمثل عراقيل أمام المعرفة العلمية لكن بدون هذه النظريات لا يمكن للعلم أن يوجد اذ ليس التفكير العلمي - كما نستخلصه من قانون الحالات الثلاث لأوغست كونت - طبيعيا في الانسان بل هو نتاج تاريخي متأخر . وبالرجوع الى ما ذكره باشلار يمكننا القول بأن الأحكام المسبقة ليست عدما محضا ، انها تكون على حد تعبير باشلار نفسه « نسيجاً من الأخطاء الايجابية » . وقد شكلت نظرية أرسطو مثل هذا النسيج حتى جاء غاليلاي فتجاوزه ، ورغم بعض الجوانب التي لم يقدم فيها هذا العالم اسهاما كبيرا نظرا لظروف عصره فانه بحق أب الفيزياء الحديثة التي هي في قطيعة مع النظريات السابقة . ويمكن تعريف القطيعة الابيستيمولوجية أو المعرفية بأنها نقطة تحول جذري ونقطة عدم رجوع الى الوراء ، الى الأفكار السابقة ، وبما أن العلوم تنشأ بمفعول هذه القطيعة بين ما هو ايدولوجي وما هو علمي فقد تكونت الفيزياء الحديثة انطلاقا من هذا المفهوم الأساسي . فخلافا لنظرية أرسطو اعتمدت نظرية غاليلاي على نزعة آلية ميكانيكية فلم تعد تفسر الظواهر الطبيعية بطريقة غائية لأن البحث عن الغايات من مشمولات الدراسة الميتافيزيقية . ثم تتميز هذه النظرية الفيزيائية بصبغتها الكمية لا الكيفية ، لأن المهم هو دراسة ما يقبل القياس والتقدير الكمي كالحركة أو الكتلة . أما الميزة الموالية فهي استبعادها للنظرة « الانتروبومورفية » المعتمدة على مركزية الذات البشرية ، فحاجة العالم الى فهم كتاب الطبيعة لا تمر أساسا بفهم النفسية الانسانية . غير أن من أهم الفروق بين نظرية أرسطو ونظرية غاليلاي أن عالم غاليلاي له طابع مُجرّد وهندسي وليس مجرد امتداد لما يقدمه الإدراك الحسي . أما من حيث الطريقة فقد وجه غاليلاي البحث العلمي وجهة جديدة عندما استبعد التفسير بالأسباب وعوضه بالبحث عن القوانين أو العلاقات الثابتة .

اننا عندما نؤكد على اهمية اسهام غاليلاي وقيمة نظريته فلا يجب أن نستنتج من ذلك أنه لم يكن عرضة لبعض النقائص والثغرات ، فقد كانت الفيزياء التي انشأها محدودة بعض الشيء فلم يكن بوسعها أن يفسر لماذا تسقط الأجسام ، لأنه لم يقع بعد اكتشاف قانون الجاذبية الأرضية . ثم انه على ما يبدو كان متأثرا ببعض الشيء ببعض المفاهيم الأرسطية مثل اعتقاده بأن الأجسام الثقيلة تتجه الى مركز الأرض بصفة طبيعية ، وحتى من الناحية الفلكية ربما لم تتبلور آنذاك فكرة وجود كون لامتناه . لهذه الأسباب لا جد من التأكيد على

دور العالم الانجليزي نيوتن (1642 - 1707) ، لأن القيمة العلمية لنظريته الفيزيائية عظيمة فبفضل توحيد الاكتشافات الفيزيائية لغاليلاي كَوْن نيوتن هيكلًا نظريًا ونظرية علمية لم تنتقد الا من قبل انشتاين (1879 - 1955) . ففي كتابه « المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية » يقدم نيوتن تعريفات لكثير من المفهومات كالقوة والكتلة والتسارع كما يضبط مجموعة من القوانين مثل ان القوة التي تحرك الجسم مساوية لحاصل كتلته في تسارع حركته . كذلك عرّف مبدأ تساوى الفعل ورد الفعل وقواعد الحركة في الخلاء . ان علم الميكانيك عند نيوتن قائم على فرضية قوى الجذب وقوى الدفع⁽⁶⁾ التي تؤثر في الأجسام . غير أن ما يهم نيوتن ليس البحث عن كيفياتها بل عن تقديرها الكمي وعلاقتها الرياضية . وهنا تقوم الرياضيات بدور أساسي في الفيزياء . لكن تتضمن هذه النظرية بدورها مشكلات أبيستيمولوجية وحتى أنطولوجية . وتتضح أبعاد هذه المشكلات باعتبار أن معادلات علم الميكانيك تقوم على افتراض زمان ومكان متجانسين ومطلقين ، أي غير مرتبطين بموقع الملاحظ . غير أن نيوتن قد حاول تفسير الزمان والمكان على أنهما يمثلان « حاسة الله » . وبهذا نتبين أن الفيزياء حتى في بداية القرن الثامن عشر لم تتخلص بصفة قطعية وحاسمة من الاعتبارات اللاهوتية .

- مفهوم اعادة البناء الابيستيمولوجي : من الفيزياء الكلاسيكية إلى فيزياء انشتاين :

ان كانت القطيعة الابيستيمولوجية هي التي تفصل بين الايديولوجيا والعلم فان هذا الأخير متغير متطور . لكن هناك موقفان ازاء هذا التطور : فأما أن نعتقد في اتصال المعارف العلمية بحيث تكون كل نظرية امتدادا وتعديلا جزئيا للسابقة واما أن نؤكد على جانب الانفصال والتعارض بحيث تكون النظرية الراهنة ثورة على النظرية القديمة . يبدو أن بعض الابيستيمولوجيين الحاليين يميلون الى الأخذ بالموقف الثاني وأحسن مثال على ذلك باشلار . ففي معرض تحليله للعلوم المعاصرة كالفيزياء والكيمياء يلاحظ باشلار انها علوم « بدون أجداد » أي انها من الجدة والغربة بحيث لا يمكن ارجاعها ارجاعا بسيطا الى النظريات المتواجدة في القرن التاسع عشر أو الثامن عشر . ففي ميدان الفيزياء سيطرت نظرية نيوتن خلال فترة طويلة ، حتى اعتقد البعض بأن حقيقتها مطلقة وأنها متناسبة مع طريقة تفكيرنا ، ولذلك فهي أحسن النظريات غير أنه على مدى القرن التاسع عشر وخصوصا في بداية القرن العشرين بدأت تتجمع الظروف لانشاء نظرية فيزيائية هامة هي نظرية النسبية لألبار انشتاين . يقول « برتراند رسل » في هذا الصدد ، متحدثا عن هذه النظرية : « ان كل شخص يعرف أن « انشتاين » قد صنع شيئا مذهشا ورائعا ولكن قلة من الناس فقط هم الذين يعرفون بالضبط ماذا فعل » . ولكي نتبين قليلا ماذا فعل انشتاين لا بد من التعرض الموجز لتاريخ الفيزياء وبالأخص لتطور علم الميكانيك .

من المعروف أن انشتاين قدم نظرية النسبية الخاصة أو المقصورة⁽⁷⁾ سنة 1905 وقد قلبت هذه النظرية عددا من التصورات الفيزيائية الموجودة . فحسب مبدأ العطالة⁽⁸⁾ أو القانون الأول لنيوتن كل جسم يتحرك دوما بنفس السرعة الا اذا تدخلت قوة خارجية ، ويرجع هذا الأمر الى عطالة الأجسام وقد أمكن اثبات هذا المبدأ تجريبيا غير أنه صحيح

(6) Forces d'attraction. Forces de répulsion

(7) Théorie de la Relativité restreinte

(8) Principe de l'inertie

بالنسبة للملاحظين الذين يتحركون البعض بالنسبة للبعض الآخر بسرعة منتظمة⁽⁹⁾ وكل ملاحظ مرتبط بما يسمى منظومة مرجعية للعطالة⁽¹⁰⁾. إن أول مصادرة لنظرية النسبية الخاصة هي أن القوانين الفيزيائية لها نفس التعبير في أي نسق كان . ومعنى هذه المصادرة انه عندما يتحرك جسمان الواحد بالنسبة للآخر بسرعة ثابتة فلا يمكن أن نعرف ما هو الجسم الذي يكون في حالة سكون والجسم الذي يكون في حالة حركة . مثلا عندما يمر قطار آخر يعتقد مسافر موجود في قطار متوقف في المحطة أن القطار الآخر هو الذي يتحرك ، غير أن مسافرا موجودا في القطار الثاني يلاحظ الأشياء كما لو كان القطار الأول هو الذي يتحرك . إذا كل حركة منتظمة نسبية ولا توجد منظومة مرجعية في حالة سكون مطلق .

لكن في القرن التاسع عشر كان العلماء يعتبرون من الحقائق المسلم بها أن الضوء ذو طبيعة موجية . بما أن كل الموجات تنتشر في محيطات مادية (موجات رنانة في الهواء ، موجات في الماء ...) وقع افتراض وجود مجال تنتشر فيه الموجات الضوئية مطلقة وهو ما سمي بالأثير⁽¹¹⁾ الذي اعتبر سند كل الأجسام . من هذا المنطلق يكون الأثير منظومة مطلقة يمكن أرجاع حركة الأجسام اليها وكل جسم في حالة سكون بالنسبة للأثير يعتبر في حالة سكون مطلق⁽¹²⁾ . كانت البرهنة على وجود الأثير هامة جدا نظرا لنتائج ، لذلك حاول العلماء اثبات وجوده . نحن نعلم أن الأرض تدور حول الشّمس بسرعة 30.000 متر في الثانية وهي سرعة قريبة جدا من سرعة الأرض بالنسبة للأثير . أما سرعة الضوء بالنسبة للأثير فهي 300.000 كلم في الثانية ، ويلزم عن ذلك أن ملاحظا موجودا في الأرض سيشاهد انتقال الضوء بسرعة تتراوح بين : 300.000 كلم + 30.000 متر في الثانية و 300.000 كلم - 30.000 متر في الثانية ، طبقا لاتجاه الضوء واتجاه الأرض في حركتها . لهذا قامت التجارب لاثبات هذا الاختلاف وكانت أهم تجربة هي التي قام بها العالمان ميكلسون ومورلي في سنة 1881 و 1887 غير ان التجربة لم تؤكد ما كان متوقعا ، مما دعا انشتاين الى استبعاد مفهوم الأثير والقول بعدم وجوده وعدم وجود منظومة مرجعية مطلقة وفي نفس الوقت باعتبار سرعة الضوء ثابتة وقصوى لا يمكن تجاوزها .

تبعاً لهذا التأويل الذي قدمه انشتاين نستطيع تبين الفارق بين علم الميكانيك الكلاسيكي أي الموروث عن نيوتن وعلم الميكانيك النسبي . كان علم الميكانيك الكلاسيكي يقوم على ما يسمى « معالم غاليلية »⁽¹³⁾ أو علاقات العطالة لأن الأجسام التي توجد في هذه المعالم تتحرك الى ما لا نهاية له حسب مبدأ العطالة اذا لم تكن خاضعة لأي قوة أو اذا كانت هذه الأجسام في حالة سكون . فلو افترضنا حادثة محددة باحداثيات⁽¹⁴⁾ أربعة هي x, y, z, t في منظومة مرجعية معينة فان احداثيات هذه الحادثة في منظومة مرجعية أخرى تكون في حالة انسحاب⁽¹⁵⁾ على طول محور x التابع للمنظومة الأولى وذلك بسرعة هي v تصبح x', y', z', t' . ان مختلف المعادلات التي كانت معتمدة قبل نظرية النسبية تسمى المجموع أو التحويل الغاليلي⁽¹⁶⁾ بينما تكون صيغتها الجديدة هي الآتية وتعرف بالتحويل اللورنتزي⁽¹⁷⁾ .

(9) Vitesse uniforme

(10) Système de référence d'inertie

(11) L'ether

(12) Repos absolu

(13) Repères galiléens

(14) Coordonnées

(15) Translation

(16) Groupe de Galilée

(17) Groupe de Lorentz

تحويل غاليلي :

$$x' = x + vt$$

$$y = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

تحويل لورنتز :

$$x' = (x + vt) \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t + \frac{v}{c^2 x} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

تختلف هذه المعادلات عن معادلات الفيزياء الكلاسيكية إذ أن التحويل الغاليلي قائم على أساس أن الزمان ثابت ومطلق ، بينما يبين التحويل اللورنتزي أن سرعة الضوء ثابتة وهي 300 000 كلم في الثانية ، كذلك ليس الزمان ثابتا أو مطلقا بل نسبي باعتبار النسق⁽¹⁸⁾ الذي نعتد عليه . أما المكان فهو نسبي أيضا فالحيز المكاني الذي يشغله جسم من الأجسام يختلف باختلاف الملاحظين الذين يتحرك بعضهم بالنسبة للبعض الآخر .

هكذا أنشأ انتشتاين في سنة 1905 نظرية النسبية الخاصة انطلاقا من نقد لمفاهيم الزمان والتآني أو التزامن⁽¹⁹⁾ . لا بد أن يعتمد كل تآني على قياس أي أنه يرتبط بارسال إشارة . ويكون الزمان ثابتا بين نسقين إذا كان هذا الإرسال آنيا (Instantané) . لقد أكدت النسبية الخاصة على نسبية الزمان إذ أن حادثتين تحدثان معا وتكونان متوافقتين إذا كانت الأشعة الضوئية التي يفترض أن تكونا بنفس الطول ، تصلان معا إلى الملاحظ في نفس الوقت . لكن عندما تحدث حادثتان معا بالنسبة لملاحظ فهما ليستا كذلك بالنسبة لملاحظ آخر في حركة انسحاب⁽²⁰⁾ بالنسبة الأول . قبل ظهور نظرية النسبية كان الاعتقاد أن أحد الملاحظين على خطأ والآخر على صواب . لكن حسب انشتاين يمكن اعتبار كل منهما محقا في ما يذهب إليه ، أن سرعة الضوء هي نفسها بالنسبة للآخرين . ومن جهة أخرى يقر انشتاين بنسبية المسافة : أن الجسم محرف بالنسبة للملاحظ الذي يشاهده من نسق خارجي وهو

(18) Système

(19) Simultanéité

(20) Translation

متقلص بالنسبة للملاحظ في اتجاه الطول . ولتوضيح هذه الفكرة نشير الى أن من يراقب من الخارج الأشياء الموجودة داخل قطار فانها تبدو له أقصر مما هي عليه داخل القطار ، مثلما تبدو الأشياء الموجودة خارج القطار أقصر بالنسبة لمن يراقبها من داخل القطار و « عادية » بالنسبة لمن يراقبها على الأرض . ان سبب هذا الاختلاف راجع في حقيقة الأمر الى أن المراقب الأول يستند في قياساته على منظومة مرجعية⁽²¹⁾ (القطار) مختلفة عن المنظومة المرجعية التي يعتمد عليها الثاني (الأرض) وهو اختلاف راجع الى كون الواحدة منهما تتحرك بالنسبة للأخرى⁽²²⁾. إذن فانكماش الأطوال دليل على نسبية المسافة . أما نسبية الزمان فلمزيد التعرض اليها نرجع الى مفهوم « الزمان المحلي »⁽²³⁾ ، فالزمان هو ما يقيسه العلماء الفيزيائيون بواسطة ساعات وكل ساعة تقبل الثانية كوحدة قياسية للزمان . لكن الثانية هي الزمان الذي يجتاز الضوء خلاله 300 000 كلم . وبما أن المسافة نسبية باعتبار الملاحظين فالثانية هي كذلك ، فاذا كان هناك ملاحظ متحرك بالنسبة الى ملاحظ آخر فان الثانية التي يعتمد عليها أطول من الثانية بالنسبة للملاحظ الآخر . مثلاً لو أن مسافراً غادر الأرض في مركبة بسرعة كبيرة جداً أي حوالي 299.975 كلم في الثانية ، وفي الأثناء يأخذ وجهة الرجوع الى الأرض في ظرف عامين فانه سيجد الأرض وقد انقضت عليها قرنان . أخيراً تكون السرعة نسبية وهي نتيجة نسبية الزمان . ان الملاحظين لا يستعملون نفس الطريقة في تحديد قيمة السرعة . وهذا ما يغير علم الميكانيك الكلاسيكي الذي كان يعتمد على مفهوم تجميع السرعة الى ما لا نهاية . وفي الحقيقة لا تقاس سرعة أي جسم الا بالنسبة الى جسم آخر ، فمثلاً السيارة المتحركة يمكن أن تحدّد سرعتها بقيم مختلفة حسب من يراقب سرعتها ساكناً كان أو متحركاً في اتجاه السيارة أو عكس اتجاهها . فاذا كانت سرعتها هي 100 كلم بالنسبة لرجل واقف على جانب الطريق فسرعتها تساوي 20 كلم فقط بالنسبة لمن يتحرك وراءها بسرعة 80 كلم في اتجاهها ، وتصبح سرعتها 100 كلم في الساعة بالنسبة لمن يسير عكس اتجاهها بسرعة 80 كلم . ومن جهة أخرى تتدخل السرعة في تحديد كتلة الأجسام ان باختلاف سرعة الأجسام تختلف كتلتها وكلما ازدادت السرعة ازدادت الكتلة فاذا قاربت سرعة ذلك الجسم سرعة الضوء مالت كتلته الى اللانهاية وذلك حسب المعادلة التي وضعها انشتاين .

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{و} \quad \frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

هكذا ينهار مبدأ من مبادئ الفيزياء الكلاسيكية وهو مبدأ حفظ الكتلة ان تصبح هذه الأخيرة شكلاً من أشكال الطاقة فحسب . وعلى سبيل المثال إذا كان وزن كيلوغرام يزداد 2 سنتغرام عندما تبلغ سرعته 1000 كلم في الثانية فان وزنه سيتضاعف إذا بلغت السرعة 259.806 كلم في الثانية .

(21) Système de référence

(22) المنهاج التجريبي وتطور الفكر العلمي الجزء الثاني. تأليف الجابري مطبعة دار النشر المغربية.

(23) Temps local

ان النظرية الفيزيائية - باعتبارها انشاء فكريا - بحاجة الى أن تجد لها سنداً في الواقع وأن تؤيد بالتجربة ، ولقد أثبتت التجارب صحة ما ذهب اليه النسبية الخاصة ونكتفي هنا بمثال واحد . إذا كانت نظرية « الزمان المحلي » أو الخاص صحيحة فإن الضوء المنبعث من نجمة ما لا بد أن يظهر فرقاً بين الزمان المحلي للنجمة وزمان الأرض ، ويتجلى هذا الفرق بتغير طفيف لتواتر⁽²⁴⁾ الضوء . وهذا ما وقع اثباته تجريبياً . غير أن نظرية النسبية الخاصة أو المقصورة سوف تمتد الى نظرية النسبية العامة (1916) نتيجة محاولة الاجابة عن هذا السؤال : ليست الأرض معلماً غاليلياً⁽²⁵⁾ لأن الأجسام التي لا تكون خاضعة لأي قوة تسقط ، وتفسر نظرية نيوتن هذه الظاهرة بافتراض مجال جاذبية⁽²⁶⁾ . لكن كيف يمكن تفسير وجود مثل هذا المجال ؟ الملاحظ أنه في نظرية النسبية الخاصة تدرس الحوادث في اطار الأنساق المرجعية الغاليلية أي في اطار السرعة المنتظمة المستقيمة ، إذا نفترض هنا أن الأجسام المتحركة تنطلق من نفس السرعة وتبقى محافظة عليها . لكن تنطبق النسبية العامة على كل الحركات مهما كان مسارها وتسارعها . تركز نظرية النسبية العامة على مبدأ أساسي هو التالي : « يبقى الجسم في حالة سقوط حر ، ما دام غير خاضع لتأثير أية قوة كهروستاتيكية . ومعنى ذلك أن التسارع والجاذبية متكافئان ، وأنهما معا عبارة عن سقوط حر » . لقد طرح انشتاين مشكلة متمثلة في وجود مظهرين مزدوجين للكتلة ، فالمظهر الأول هو ما يسمى كتلة العطالة⁽²⁷⁾ أما الثاني فهو ما يعرف .. « بكتلة الثقل »⁽²⁸⁾ ، في الحالة الأولى نربط بين المفهومات بواسطة هذه العلاقة :

$$\text{القوة} = \text{كتلة العطالة} \times \text{التسارع} .$$

وفي الحالة الثانية نتحصل على هذه المعادلة :

$$\text{القوة} = \text{كتلة الثقل} \times \text{شدة مجال الجذب} .$$

وبمقارنة هذين التعبيرين عن القوة نستطيع أن نضع :

$$\text{التسارع} = \frac{\text{كتلة الثقل}}{\text{كتلة العطالة}} \times \text{شدة مجال الجذب} .$$

وبما أن كتلة الثقل وكتلة العطالة متساويتان وضعت العلاقة :

$$1 = \frac{\text{كتلة الثقل}}{\text{كتلة العطالة}}$$

إذن :

$$\text{التسارع} = 1 \times \text{شدة مجال الجذب} = \text{شدة مجال الجذب} .$$

ان تأويل انشتاين لهذه العلاقة هو أن قوة الجاذبية هي نفس قوة العطالة أي نفس قوة التسارع ، ان الجاذبية ليست قوة بل هي عبارة عن سقوط حر . فإذا كان الأمر كذلك يطرح السؤال التالي : ما الذي يسبب في تسارع الأجسام داخل مجال الجذب ؟ لماذا تتجذب الأجسام الى بعضها ؟ واجابة انشتاين هي أن الكتلة تسبب في انحراف الفضاء وبما أن الكون الذي نعيش فيه مشتمل على أجسام ذات كتل هائلة (نجوم شمس ...) فلا بد أن يؤدي ذلك الى انحراف الفضاء المحيط بهذه الأجسام ، أي لا بد أن يكون المكان منحرفاً . ان

(24) Fréquence

(25) Repère galiléen

(26) Champ de gravitation

(27) Masse inerte

(28) Masse pesante

الأجسام الساقطة بحرية في منطقة يوجد بها مسار منحرف بفعل كتلة ما لا بد أن تتبع في خط سيرها شكل منحن. والمسار المنحرف في الفضاء هو الذي يسمى بالجاذبية. وتتمثل جدّة نظرية انشتاين في شرحه لهذه الظاهرة ، فإذا فسرت نظرية نيوتن دوران الأرض حول الشمس بقوة الجذب الرابطة بينهما فإن نظرية النسبية العامة أو المعمة تفسر ذلك بقولها ان كتلة الشمس ضخمة جدا وهي لذلك تحدث في الفضاء المحيط بها انحرافا حولها ، والأرض تسير في هذا الانحراف الذي يشكل مدارها حول الشمس . نستخلص من هذه النظرية أن الجاذبية تؤثر في الطاقة وبالتالي في الضوء فيكون مساره منحنيا قرب الكواكب . ولتفسير هذه الظواهر لا يمكن الاعتماد على هندسة اقليد بل يجب الرجوع الى هندسة ملائمة معتمدة على مفهوم المتصل الزماني المكاني ذي الأبعاد الأربعة ، فالزمان لا يمكن تعريفه في استقلالية عن المكان والمسافات لا تعرف حسب الخط المستقيم بل حسب الخطوط المنحنية . وهكذا فعلى نطاق كبير جدا لم تعد هندسة اقليد القائمة على مفهوم المتوازيات صالحة بل تكون هندسة ريمان هي الملائمة لهذه النظرية الفيزيائية .

بعد أن تناولنا أهم جوانب نظرية انشتاين يجدر بنا أن نحاول استخلاص قيمتها الفلسفية . ان دراسة تاريخ العلم ضرورية فلسفيا إذ هي تظهر لنا فترات التراكم الكمي للمعرفة العلمية القائمة على أسس مستقرة والتي تعقبها فترات قطيعة كيفية ، عندما تقتضي التناقضات التي تعترض مسيرة العلم ابدال هذه الأسس بأسس أخرى أقرب الى بنية الواقع الموضوعي . هكذا يتدرج « المطلق » القديم ويقضى عليه ، غير أن هذا الأمر لا يعتبر حاجزا أمام العلم بل هو دافع لمزيد تطوره . وفي نفس الوقت الذي تسعى فيه النظرية الفيزيائية الى تفسير الظواهر فهي ترمي كذلك الى توحيدها . فعلا فقد تمكن انشتاين من تفسير كثير من الظواهر تبدو متباعدة جدا لأول وهلة (الظواهر الفلكية ، حركة الهباءات ...) فلم يعد علم الميكانيك وعلم الضوء والكهرطيسية⁽²⁹⁾ ميادين معزولة بل مترابطة وبذلك أمكن لعلم الفيزياء المعاصر أن يجد طريقه الى التوحيد . ومن ناحية أخرى فتح انشتاين طريقا جديدا للكوسمولوجيا ، إذا حاول تفسير الظواهر اعتمادا على مفهوم المجال⁽³⁰⁾ ويمكن اعتبار نظرية النسبية العامة سبيلا لقيام كوسمولوجيا علمية تهدف الى تقديم نظرية موضوعية حول الكون .

أما العلاقة بين مختلف النظريات التي تناولناها بالدرس فيمكن تبينها على مستويين : ان القطيعة الابيستيمولوجية أو المعرفية هي التي تفصل بين ما هو علمي وما هو ايدولوجي وفلسفي ، لذلك فهي التي توجد بين نظرية أرسطو ونظرية غاليلاي ونيوتن . ان المعرفة العلمية تنشأ عندما تقول « لا » للفكر العامي وللتصورات ما قبل العلمية الاحيائية والكيفية والغائية . لكن فيما يتعلق بنظرية نيوتن ونظرية انشتاين فلا يمكن القول بأن بينهما قطيعة بل هناك اعادة بناء معرفي لأن نظرية النسبية هي ثورة في مجال العلم ، إذ أنها أعادت صياغته وقدمت به أسسا جديدة ، وهي في هذا كله قد تجاوزت المفاهيم الساذجة للزمان والمكان ، وكالت الضربات للفيزياء الكلاسيكية ومفاهيمها الأساسية (الزمان ، المكان ، الكتلة) . غير أنها في نقدها لهذه المفاهيم لم تجعل نظرية انشتاين النظريات السابقة عديمة الجدوى والقيمة بل اعتبرتها حالة خاصة ضمن حالة أعم . وتتجلى قيمة نظرية علمية وتفوقها على أخرى في قدرتها على تفسير أكبر عدد من الظواهر المدروسة . كما أن علاقة العلوم ببعضها وثيقة إذ ساعد تقدم الرياضيات على تقدم الفيزياء . أما الفلسفة فإذا أرادت تجنب

(29) Electromagnétisme

(30) Le champ

الخيال والميتافيزيقا فعليها أن تعتمد على مكتبات العلوم وأن تساير تقدمها حتى لا يكون كسلها وتأخرها سببا في عدم فهمها لروح الحضارة المعاصرة وعدم اكترائها بما يحدثه تقدم المعرفة العلمية من تغيير لبنيّة العقل وأطر المعرفة .

المصطلحات الأساسية المستعملة

Coupure épistémologique	قطيعة أبيستيمولوجية
Refonte épistémologique	إعادة البناء الابيستيمولوجي
Ontologie	الانطولوجيا
Quantitative - Qualitative	كمية - كيفية
Force	قوة
Masse	كتلة
Accélération	التسارع
Simultanéité	تآني ، تزامن ، تواق
Contraction	تقلص
Système de référence	منظومة مرجعية
Energie	طاقة
Relativité restreinte	نسبية خاصة أو مقصورة
Relativité généralisée	نسبية عامة أو معممة
Molécule	هبةاءة
Groupe de Galilée	تحويل غاليلي
Groupe de Lorentz	تحويل لورنتز
Translation	انسحاب
Champ	مجال
Forces d'attraction	قوى الجذب
Forces de répulsion	قوى الدفع
Inertie	عطالة (قصور ذاتي)
Vitesse rectiligne uniforme	سرعة منتظمة مستقيمة
Electromagnétisme	الكهرطيسية

أهم المراجع

(2) بالفرنسية :

- EINSTEIN et INFELD : L'évolution des idées en physique Petite Bibliothèque Payot .
- La nouvelle physique . Bibliothèque Laffont des grands thèmes . Grammont .

(1) بالعربية :

- ملامع الفكر الأروبي المعاصر : د . صلاح عدس . كتاب الهلال .
- المنهاج التجريبي وتطور الفكر العلمي . الجزء الثاني . تأليف الجابري . مطبعة داك النشر المغربية .